



UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

TESIS – MBA 2010 V

**Título: Impacto de la Evolución Tecnológica en
Proyectos de Ingeniería**

Alumno: Andrés Perzan

Tutor: Sergio Padovani

INDICE

1. Reseña	3
2. Objetivos	4
3. Algunas Definiciones	4
4. Contexto histórico	14
5. Proyectos analizados	18
6. Hipótesis.....	19
7. Información de los Proyectos.....	20
8. Encuesta.....	30
9. Conclusiones	34
Apéndice I – Publicidades	36
Apéndice II – Multiplicadores Inflacionarios utilizados	43
Apéndice III – Información de Proyectos - Completa.....	44
Apéndice IV – Información de Proyectos - Significativos.....	46
Apéndice V – Encuesta de opinión.....	47
Apéndice VI – Bibliografía	49

1. Reseña

En el presente documento se intenta analizar si la evolución de las herramientas informáticas (*hardware* y *software*) ocurrida durante los últimos 20 años (desde 1990 a 2011 para ser más precisos) ha generado una disminución de la cantidad de horas hombre requeridas para desarrollar un proyecto de Ingeniería, para instalaciones asociadas a los mercados de Oil & Gas y Minero.

Inicialmente se incorporan definiciones necesarias para aquellos lectores no familiarizados con el mercado de Ingeniería en general (Capítulo 3).

A continuación (Capítulo 4) se analiza la evolución de las tareas de Ingeniería teniendo en cuenta los cambios generados por la evolución de las herramientas informáticas empleadas de manera intensiva en un proyecto de ingeniería.

En el (Capítulo 5) encontramos una descripción general referente al tipo de proyectos que se encuentran incluidos en el alcance de este trabajo, de las empresas de ingeniería de las que se ha obtenido información.

Luego (Capítulo 6) se explicita la hipótesis inicial que intentamos comprobar, la cual estipula que la incorporación de tecnología no ha generado cambios sensibles en las horas hombre requeridas.

A continuación se detalla y analiza la información (base de datos) recabada para los proyectos de Ingeniería, se mencionan características generales de la muestra, y se procede a hacer un filtro de la misma, eliminando los proyectos que no cumplen con las características buscadas (Capítulo, Capítulo 7).

En el (Capítulo 8) se incluye una encuesta realizada, con el fin de obtener la percepción de profesionales del mercado, y enriquecer el análisis general.

Finalmente en el (Capítulo 9), se incluyen las conclusiones y se esbozan algunas de las posibles causas que impedirían reducir las horas hombre por medio de la incorporación de tecnología en los proyectos de Ingeniería.

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es analizar si la incorporación intensiva de tecnología orientada al desarrollo de proyectos en las empresas de ingeniería tuvo impacto en las horas requeridas para ejecutar un proyecto de ingeniería.

Este estudio se ocupa de las horas requeridas para desarrollar un proyecto “grande” de ingeniería limitando su alcance a los mercados de Oil & Gas y Mining.

3. Algunas Definiciones

En primer término comenzamos definiendo que es un proyecto, para lo que resulta útil la definición del PMI (Project Management Institute), en su manual PMBook Guide, Third Edition:

“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”.

Esta definición se encuentra muy bien desarrollada en el texto “La Administración de Proyectos en un Ámbito Competitivo” (José D. Esterkin):

“Analicemos esta definición palabra por palabra: ¿Por qué esfuerzo? Esfuerzo porque se supone que existe un trabajo por realizar y se encuentran personas haciéndolo. ¿Temporal? Esto pareciera dar una idea de precario, de algo realizado a medias. No es así, temporal significa que un proyecto dura un período, que puede ser también de varios meses o años. Además, temporal no significa que lo que genera un proyecto es algo temporal, el proyecto es temporal, pero los resultados del proyecto pueden

durar muchísimos años. Por ejemplo, construir un puente o implementar una mejora social”.

“Se lleva a cabo quiere decir que un proyecto se ejecuta, e incluye tareas que se realizan. Un proyecto no existe en el papel, existe en el mundo real, se comprueba y sus resultados también”.

“Crear un producto único significa realizar un producto que no existía antes, o una versión de un producto mejor a la anterior”.

“Resultado único significa que puede ser que el proyecto no construya ni un producto ni un servicio nuevos, sino que busque corregir algo que esta mal, reparar, mejorar, incrementar, solucionar”.

Entonces, y habiendo definido lo que es un proyecto, podemos establecer lo que conocemos como un proyecto de ingeniería.

Un proyecto de ingeniería es un proyecto que tiene como objetivo proveer la información necesaria, documentos, planos, etc., que permitan construir posteriormente una determinada instalación. Esta información normalmente involucra el cálculo de equipamientos y materiales necesarios, confección de diagramas de proceso y los planos de las diversas disciplinas de ingeniería.

Con el fin de acotar el marco de estudio del presente trabajo, vamos a establecer algunas características de aquellos proyectos que particularmente nos interesan:

- En primer lugar, abarcaremos los proyectos de ingeniería asociados a los mercados de Oil & Gas, y Minería (solamente por ser los mercados en los que el autor se desenvuelve). Estos proyectos tienen como

objetivo la construcción de instalaciones de proceso de productos provenientes de esos mercados.

- Vamos a ocuparnos de proyectos “grandes”, esto es, proyectos que tengan un determinado tamaño que permita compararlos entre sí. Definimos arbitrariamente como un proyecto de gran tamaño a aquellos con un valor instalado de 10 millones de dólares estadounidenses o más (Nota: este valor no incluye el costo del terreno en el que se instala).

A título ilustrativo se incluyen unas imágenes de este tipo de instalaciones pertenecientes a los mercados en análisis (Ver Figuras 1 y 2).

Fig 1 – Refinería – Oil & Gas



Fig 2 – Planta de Procesos - Mining



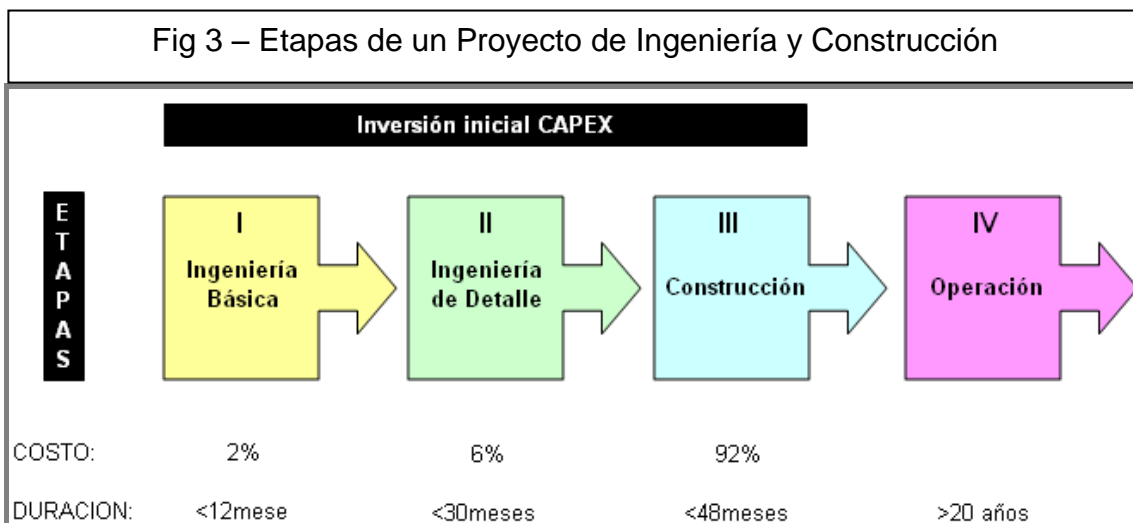
Proyectos de Ingeniería – Su estructura

El usuario final de una planta, normalmente denominado “Cliente”, es quien contrata a una “Oficina de Ingeniería” para que desarrolle los diseños de esa planta. Es decir, las ‘Oficinas de Ingeniería’ serían los proveedores de servicios. También debe contratar a una “Empresa Constructora” para que materialice el trabajo.

En este trabajo nos encargaremos de analizar las actividades, en términos de ‘horas hombre’ de ingeniería, utilizadas por las “Oficinas de Ingeniería” en los diferentes proyectos a los que apuntamos. Cabe mencionar que las “Oficinas de Ingeniería” normalmente se especializan en determinado mercado, como Oil & Gas, Mining, etc; ya que se requieren muchísimos conocimientos específicos para poder diseñar estas plantas.

En general en este tipo de industrias es muy importante, desde el punto de vista del flujo de fondos, comenzar cuanto antes la producción ya que se trata de industrias de capital intensivo, esto es, se requieren inversiones muy grandes previas al inicio de la operación comparado con otras industrias.

En este tipo de Proyectos, podemos identificar las siguientes fases o etapas (Fig 3):



Para ilustrar el trabajo se indican costos y plazos usuales para los proyectos en análisis.

- Ingeniería Básica: En esta etapa se realizan estudios de Factibilidad técnico-económica, la que finaliza con un presupuesto general de instalación (CAPEX). La ingeniería desarrollada en esta etapa tiene un grado de profundidad mínimo. A título informativo el costo usual de esta etapa respecto del costo instalado, suele rondar el 2%.
- A continuación, y de haber superado la etapa de Factibilidad (Ingeniería Básica), la siguiente etapa es la denominada Ingeniería de Detalle, o Ingeniería Constructiva. Esta es la etapa que nos ocupa en el presente trabajo, y su finalidad es proveer la información o documentación

necesaria para materializar el Proyecto. Esta información normalmente se compone de documentos y planos y, desde hace algunos años, también se utiliza la herramienta de modelación tridimensional como complemento. Nuevamente, para tener una idea de magnitud del costo de esta etapa, hablamos de alrededor de un 6 % del costo instalado, como valor aproximado.

- Finalmente, se procede a la construcción de las instalaciones que fueron objeto del estudio y diseño durante las dos etapas previamente mencionadas.

Una vez concluida la etapa de construcción, se tiene el producto final que es la instalación operativa.

Entonces podemos concluir que la cantidad de horas de Ingeniería Básica y de Detalle que se requieren en un proyecto grande tiene una doble importancia: por un lado constituye un porcentaje no despreciable del costo instalado, pero más importante que el costo es que tiene una duración importante comparable a la construcción, en muchos casos aún mayor ya que ambas etapas se “solapan”, lo que impacta en el flujo de fondos de la inversión total.

En otras palabras, es de esperar que los inversores del proyecto busquen minimizar los plazos anteriores a la operación, que es el que genera flujos de fondos positivos.

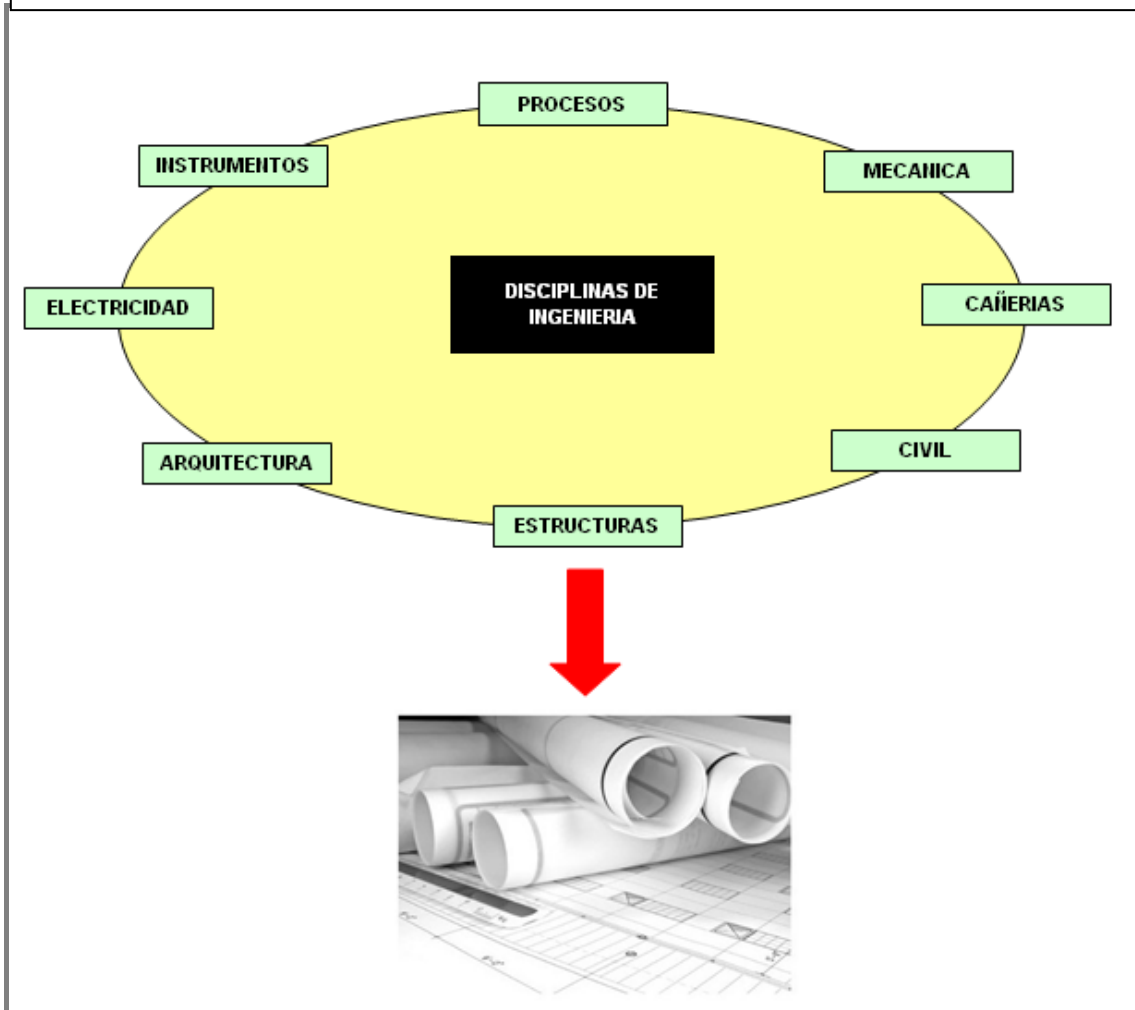
Composición de una Oficina de Ingeniería

Normalmente en los proyectos objeto de estudio del presente trabajo, intervienen oficinas de Ingeniería multidisciplinarias, esto es, oficinas en las que colaboran múltiples disciplinas o especialidades de Ingeniería.

Lo usual en grandes proyectos, además, es que las oficinas de Ingeniería estén especializadas en Etapas de Ingeniería Básica y de Ingeniería de Detalle. A su vez las oficinas en Ingeniería Básica suelen dedicarse a determinados proyectos, como ser Mineros, proyectos Downstream, proyectos Off Shore, dado la alta especialización que se requiere. Cabe aclarar que para la etapa Básica se tiene menos plazo (menos horas de estudio) y por lo tanto, en general, se requieren especialistas con mayor experiencia en cada tecnología.

En términos generales se tienen las siguientes disciplinas de Ingeniería (Ver Fig 4).

Fig 4 – Composición Típica de una Oficina de Ingeniería

Procesos:

Es la Disciplina que se encarga del estudio de los procesos físicos, químicos, etc, que son requeridos para que la instalación transforme los productos iniciales en producto final deseado. Algunos ejemplos de estos procesos son, trituración, molienda, calentamiento o enfriado, filtrado, etc.

Mecánica:

Se encarga del diseño y / o especificación de los equipamientos mecánicos (cintas transportadoras, molinos, recipientes, etc) requeridos en la instalación. Cabe destacar que en los proyectos mineros es además

responsable del diseño de disposición general o Lay Out de la planta (ubicación de equipos, edificios, etc; en planta).

Cañerías o Piping:

Como su nombre lo indica, su responsabilidad es el diseño de las cañerías requeridas en la instalación. Normalmente su importancia o “peso” en el proyecto aumenta en el mercado de Oil & Gas respecto del Minero. Adicionalmente, en los proyectos de Oil & Gas, es la Disciplina responsable del desarrollo del Lay Out de la planta.

Civil:

Tiene a su cargo los estudios relativos a movimientos de suelos, caminos, requeridos para la instalación de la planta.

Estructuras:

Es la responsable del diseño y seguridad de las estructuras dentro de la planta, edificios, parrales de cañerías, galerías de transportes, fundaciones, son algunos ejemplos de las estructuras presentes en las instalaciones industriales.

Arquitectura:

Tiene a su cargo el diseño arquitectónico de los edificios de la planta, se encarga también de cumplir con las normativas edilicias requeridas en los lugares de implantación (ya sean gubernamentales o del Cliente).

Electricidad:

Se encarga del diseño de los dispositivos eléctricos de la planta, motores, generadores, requerimientos de iluminación general, diseño de la distribución de cables, y tableros requeridos, etc.

Instrumentación y Control:

Su función es la especificación de los instrumentos que permiten el control de los diversos dispositivos de la planta, por ejemplo, caudalímetros de cañerías, termómetros, manómetros, medidores de nivel, etc, etc. Tambien se encarga de la transmisión de la información de estos dispositivos hacia los respectivos centros de control de planta.

Todas estas disciplinas componen un equipo típico de Ingeniería, cuyo responsable último es el Gerente de Ingeniería del Proyecto.

Es importante aclarar que las áreas mencionadas son las encargadas del diseño específico de la planta, pero que el Gerente de Ingeniería cuenta a su vez usualmente con auxiliares que lo asisten como ser, el área de Programación y Control, la de Control de Documentación, Coordinadores de Ingeniería, etc.

4. Contexto histórico

Desde la década de 1990 se ha incrementado, y muy fuertemente, la utilización de tecnología informática en general, y en particular en las grandes oficinas de Ingeniería. Específicamente se han desarrollado e introducido en los proyectos de Ingeniería herramientas informáticas destinadas, entre otras cosas, a:

- Dibujo 2D (Planos).
- Modelos 3D (Maquetas virtuales de plantas completas).
- Cálculo / Diseño estructural de elementos (Recipientes, Estructuras, Cañerías, Mecanismos, Procesos, etc).
- Planificación o programación de tareas, ya sea de ingeniería o de obra.
- Programas masivos (planillas de cálculo, procesadores de texto, mails, etc).
- Sistemas destinados a la gestión de la documentación formal.

Anteriormente, los proyectos de Ingeniería se ejecutaban de manera más artesanal, esto es, dibujando los planos sobre tableros y ejecutando el resto de los documentos (especificaciones técnicas, programas, memorias de cálculo, etc.) a mano. Es decir, se trataba de un proceso mucho más laborioso. En contrapartida de esta mayor carga unitaria para el desarrollo de las tareas, se puede decir que se tenía un grado de profundidad de análisis menor (por ejemplo, en el diseño específico de las estructuras, no se empleaban modelos complejos de los elementos o estructuras).

Tampoco se realizaban estudios de operatividad, accesibilidad, etc; de plantas sobre modelos 3D sino que se realizaban en la planta real. También existen opiniones en el mercado, respecto que la “profesionalidad” o mejor dicho la “pericia” de la antigua mano de obra de ingeniería, en alguna

medida, era mejor que la actual, si bien esto no es objeto de análisis en el presente trabajo.

En las imágenes (5 a 8) se muestran los métodos de trabajo “antiguo” y “moderno” y los productos de estos métodos, normalmente planos en el sistema 2D, y modelos 3D en los proyectos más modernos.

Figs 5 – Dibujo 2D Sobre Tablero



Figs 6 – Moderna Oficina de Ingeniería



Fig 7 – Ejemplo de un Plano de Ing – Dibujo 2D

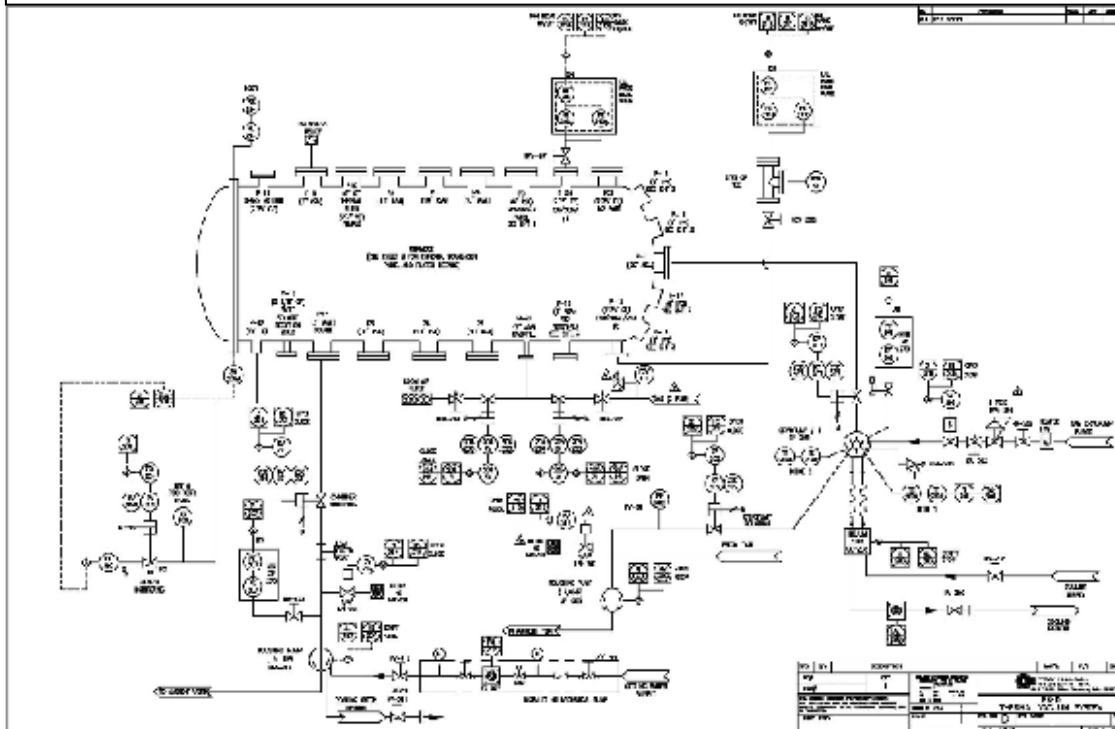


Fig 8 – Ejemplo de un Modelo 3D de una Planta



En general existen diferentes empresas que comercializan estos softwares, y compiten entre ellas.

Estas empresas inicialmente se apoyaron en la reducción de los plazos de trabajo y horas hombre, en la reducción de tareas repetitivas, etc, como principal ventaja del uso de la tecnología. Al respecto, y a título ilustrativo, se incluyen algunas publicidades de estas compañías en el Apéndice I del presente documento.

En general las compañías comercializadoras de softwares se apoyaron inicialmente en las potenciales reducciones de plazos y de horas requeridas para el desarrollo de los proyectos, dado que con estas tecnologías eran mucho mas expeditivas las modificaciones de documentos así como la posibilidad de estandarizar un documento o plano de manera de poder ser utilizado varias veces en un mismo proyecto o en proyectos posteriores. La reducción de horas requeridas para revisión de los documentos también era otro argumento de “venta” dado que en la medida en que el documento era “re-utilizado” era posible identificar cuales partes no habían sufrido modificaciones desde la última revisión, y que por lo tanto no se requería su revisión en busca de posibles errores.

Sin embargo, en las oficinas de Ingeniería actuales es común el planteo de si todas estas herramientas contribuyen al objetivo de mejorar la performance de los proyectos en alguna medida. Este planteo es tanto por parte de las compañías de servicios de Ingeniería, como por parte de los clientes finales de los proyectos.

En función de lo antedicho, este trabajo se focalizará en el período comprendido entre 1990 a la fecha, abarcando todo el período inicial de

incorporación de herramientas informáticas y hasta la actualidad cuando toda esta tecnología es una realidad cotidiana en este tipo de proyectos.

5. Proyectos analizados

A fin de efectuar el análisis correspondiente, se recabó información de proyectos de grandes compañías que suelen desarrollarlos, entre otras, Techint, CH2 MHill, Fluor.

La información analizada corresponde a proyectos en los que participó el autor de este documento, y otros proyectos cuya información le fue facilitada.

Estos Proyectos tuvieron como Clientes a compañías de primer nivel en los mercados analizados, tales como Barrick, YPF, Exxon, Saudi Aramco, etc. La ubicación geográfica de los mismos es diversa.

Por razones de confidencialidad, no se incluye en el presente trabajo detalle alguno que permita individualizar proyectos específicos, dado que no hace al objetivo del mismo y, las fuentes consultadas, incluyendo al autor de este documento, tienen compromisos con las empresas de Ingeniería que colaboraron con la información de Proyectos.

6. Hipótesis

Se presupone que el volumen de horas requerido para desarrollar un proyecto grande de ingeniería no ha sufrido grandes cambios como consecuencia de la incorporación de tecnología en el período en análisis.

Si bien no se encuentran estudios rigurosos al respecto, cabe mencionar que el parámetro HH (Horas Hombre requeridas) respecto del costo instalado permite, dado un costo unitario de horas hombre, estimar de manera inmediata el costo de ingeniería de un proyecto, y con algo más de trabajo, el personal que se requiere. Por lo tanto es una magnitud que se utiliza en todos los proyectos de Ingeniería de detalle previo a su inicio.

7. Información de los Proyectos

La información que se ha podido recabar para este trabajo es sumamente extensa, alcanza mas de 100 grandes proyectos de ingeniería desde 1990 a la actualidad (Ver el listado completo en Apéndice III).

Se cuenta con información de proyectos tanto Mineros como Oil & Gas, la cual también posee diversidad respecto de los lugares de instalación ya que prácticamente se tienen proyectos de todo el mundo, y lo que es más importante para el estudio en cuestión, proviene de diferentes oficinas de Ingeniería y también de diferentes compañías, culturas, etc.

Dado que los proyectos analizados se desarrollaron a lo largo de dos décadas, es prudente, a los fines del análisis, corregir el costo instalado de cada proyecto, estimando cual sería el costo presente de los mismos. Esto es sumamente complejo de realizar dado que en el costo se encuentran incorporados valores de mano de obra local, de materiales no '*commodities*', etc. Simplificadamente, y al efecto de estimar los valores presentes, se considerará la actualización de los costos instalados teniendo en cuenta la inflación en los Estados Unidos de América en el período correspondiente a cada proyecto. Ver en el Apéndice II el cálculo de los multiplicadores correspondientes.

Estos multiplicadores se encuentran incorporados en las tablas de información de los proyectos, en donde también se encuentran los costos instalados actualizados para hacerlos comparables entre sí.

Teniendo en cuenta la información de proyectos detallada en el Apéndice mencionado, podemos resumir las estadísticas significativas para los proyectos analizados:

- Cantidad de Proyectos: 101
- Horas totales de Ingeniería: 17.843.244 Hs
- Horas de Ingeniería Promedio: 176.667 Hs.
- Costo total instalado: 94.475 Millones USD
- Costo promedio instalado: 935 Millones de USD

Con referencia específica al tema de estudio podemos observar que la carga horaria respecto de costo instalado es de 828 HH/MUSD, esto es el promedio de los valores parciales en la columna HH / Costo. El problema es que esta magnitud no es significativa dado que no todos los proyectos estudiados reúnen las características buscadas. Por este motivo, procederemos a refinar la lista de proyectos teniendo en cuenta que, en virtud de lo descripto previamente, no se considerarán proyectos:

- Efectuados fuera del período 1990 a 2011.
- Aquellos que no corresponden a etapas de Ingeniería de detalle (por ejemplo, Ingeniería básica, de factibilidad, conceptual, etc) dado que la magnitud de las horas requeridas es absolutamente diferente.
- Proyectos que no puedan ser considerados “grandes” según la definición dada en el presente documento.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, procederemos a realizar el refinado de la tabla anterior, quedándonos con los casos representativos de este estudio, y cuya información vamos a analizar (ver el listado refinado de los proyectos en el Apéndice IV).

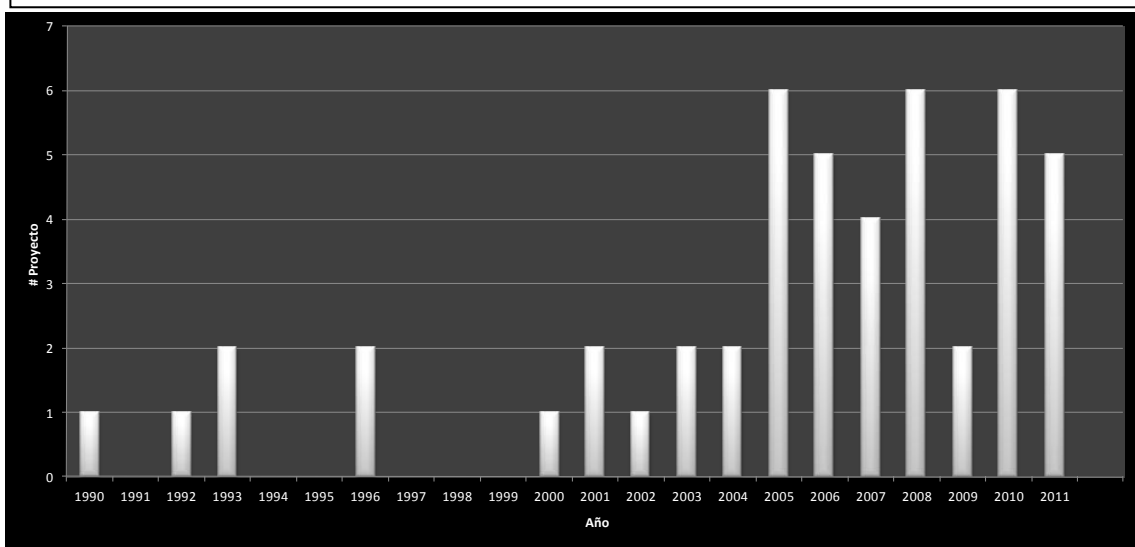
Finalmente, las estadísticas de los casos representativos (“Listado refinado”) son:

- Cantidad de Proyectos: 48
- Horas totales de Ingeniería: 11.543.000 Hs
- Horas de Ingeniería Promedio: 240.482 Hs.
- Costo total instalado: 51.191 Millones USD
- Costo promedio instalado: 1.066 Millones de USD

Análisis temporal:

Veamos la distribución de los proyectos significativos pertenecientes al listado refinado en la escala temporal. La idea es poder decidir si la muestra sobre la que vamos a trabajar, es o no significativa respecto del período en análisis.

Fig 9 – Distribución de Proyectos por año



En la Figura (9), se aprecia que si bien se tiene una mayor cantidad de casos en la segunda década, la cantidad para la primera década es

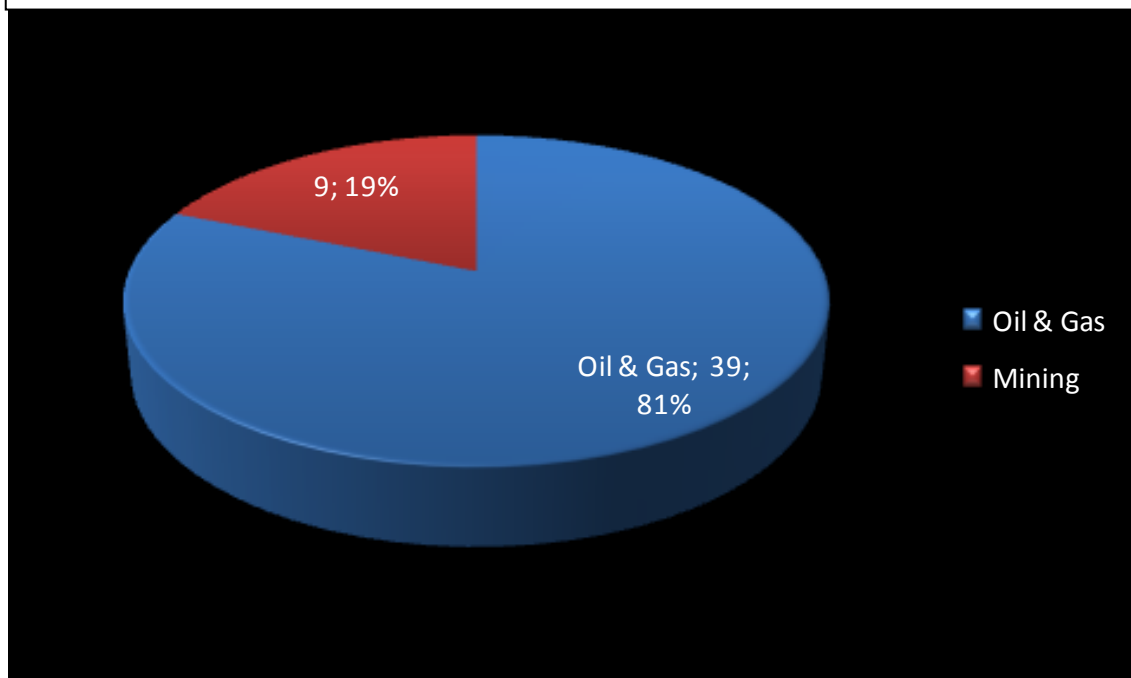
aceptable para estudiar la variación del patrón en estudio en el presente trabajo.

El principal motivo por el cual disponemos de una mayor cantidad de casos para la segunda década que para la primera, es que el aumento del precio de 'commodities' (petróleo y minerales) a fines de la primera década y durante la segunda motivó un aumento de la inversión en el mercado en estudio, si bien este análisis se encuentra fuera del alcance de este trabajo.

Análisis por mercados:

En la Figura (10), se muestra la cantidad y distribución porcentual de los casos en función de su pertenencia a los mercados de Oil & Gas y Mining respectivamente.

Fig 10 – Distribución de Proyectos por Mercado

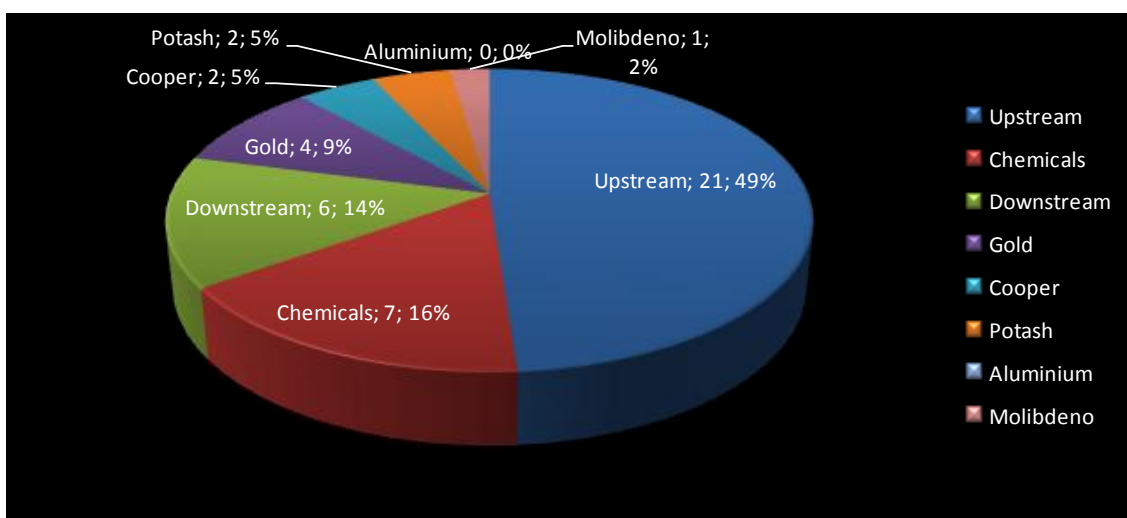


Lo que observamos es una clara mayoría de los proyectos en el mercado de Oil & Gas. Esto responde al hecho de que durante la década de 1990, y hasta mediados de la de 2000, el mercado de Oil & Gas vivió una especie de furor (podríamos decir que hasta la crisis financiera de 2008), principalmente siguiendo la evolución del precio del barril. Por otra parte, el mercado Minero sufrió un fuerte crecimiento desde mediados de la década de 2000, motivado por:

- el alza del precio del Cobre principalmente,
- el crecimiento de China y
- la fuerte alza del precio del oro, debido a tratarse de un bien de refugio de los capitales en tiempos de gran incertidumbre

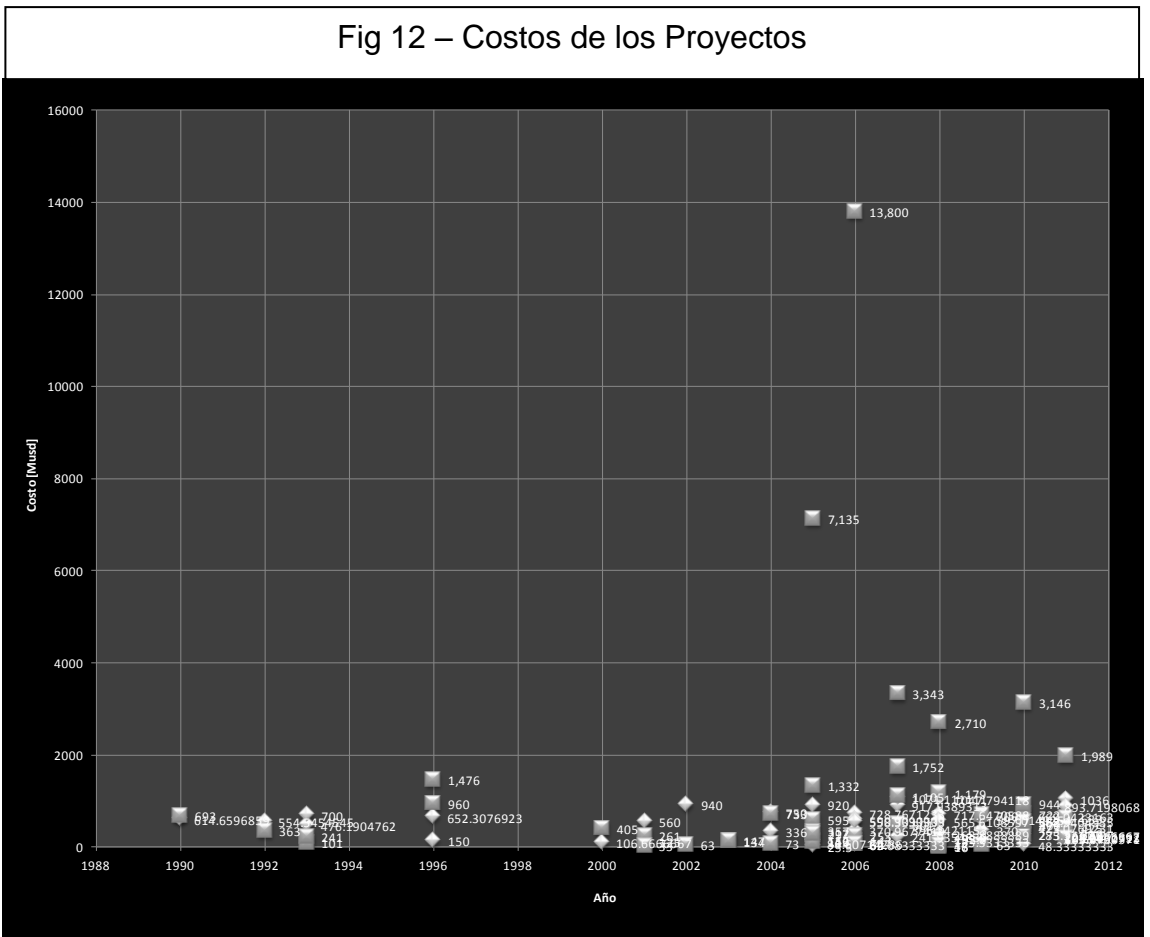
Finalmente en la Figura (11), se analiza la distribución porcentual y las cantidades de casos considerando los submercados existentes.

Fig 11 – Distribución de Proyectos por Submercado



Distribución de costos:

En la Figura (12), se observan los costos instalados de cada proyecto analizado en escala temporal. Se intenta mostrar con esto que existe una distribución suficientemente uniforme de información en lo que a costos instalados se refiere. Si bien observamos un proyecto que sobresale claramente del resto (Proyecto 19), en general la mayoría se establece sobre una franja más o menos uniforme.

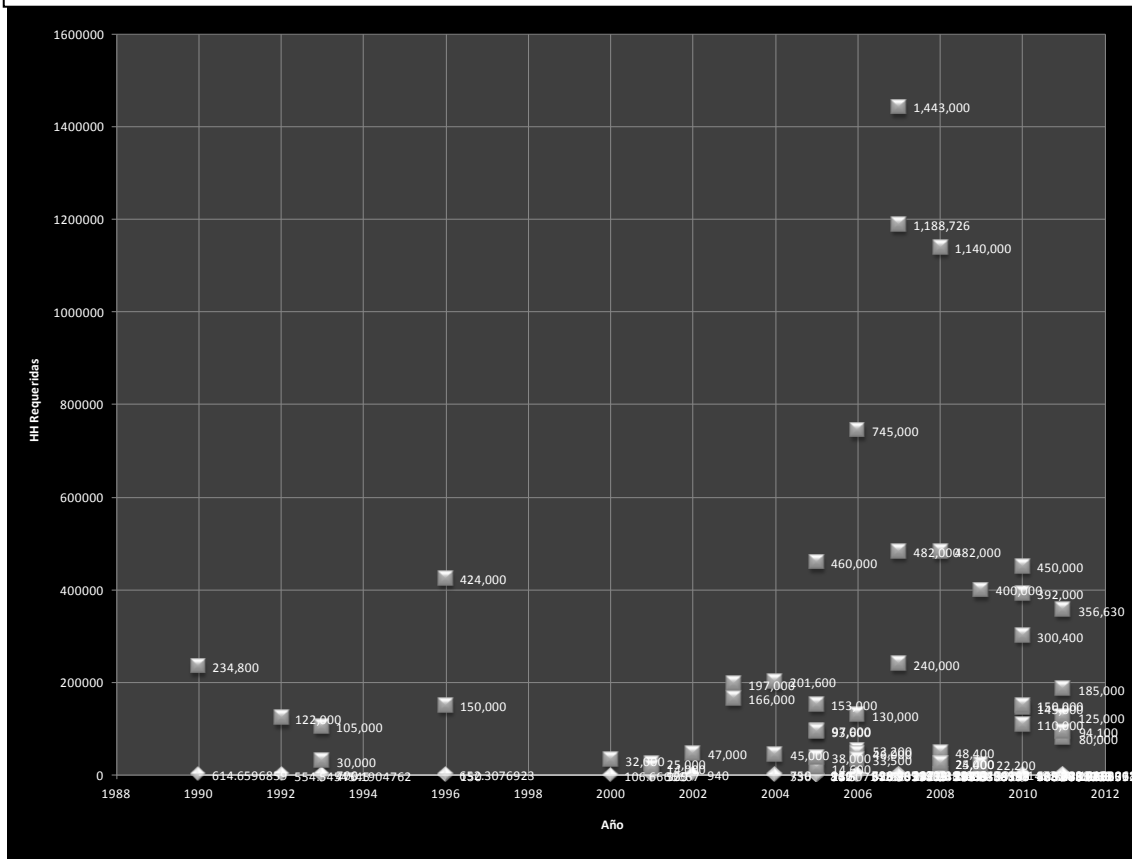


- Costo Promedio: 1066 Millones USD

Horas de Ingeniería por Proyecto:

En la Figura (13), se encuentran graficadas para cada proyecto las horas de Ingeniería utilizadas. Al igual que en la figura anterior, se aprecia que, en la mayoría de los proyectos, las horas se encuentran dentro de una franja acotada.

Fig 13 – Horas de Ingeniería Requeridas



- Carga Promedio: 240.482 Hs

Análisis de las Horas de Ingeniería en función del costo instalado:

A continuación estudiamos el comportamiento temporal de la relación HH de Ingeniería vs Costo instalado del proyecto (Ver Figura 14).

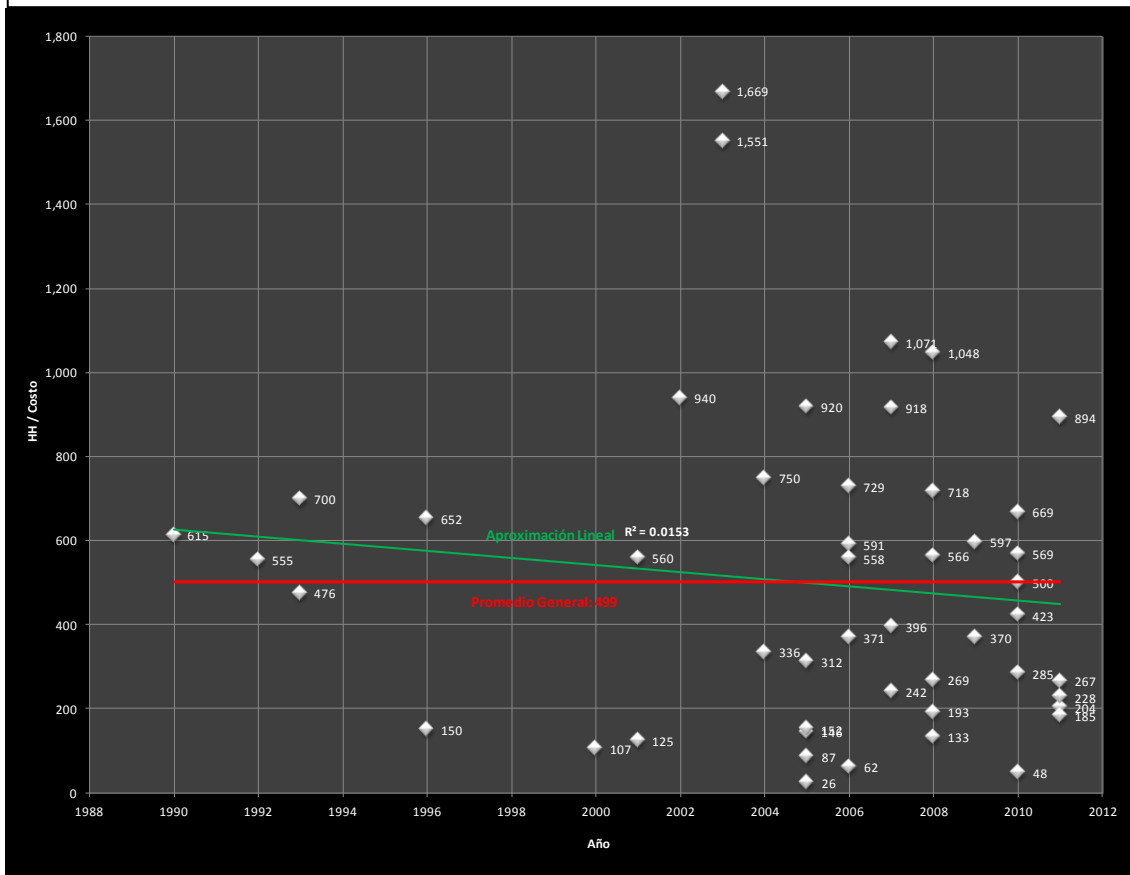
En el gráfico observamos los proyectos significativos escogidos, graficando los costos de cada uno de ellos según año de ejecución (puntos grises). La línea roja determina el promedio general.

Cabe aclarar que al eliminar los proyectos asociados a Ingeniería Básica o Factibilidad, el valor del parámetro HH/Costo aumenta, dado que estos últimos proyectos tienen una carga horaria mucho menor a la necesaria en un proyecto de Ingeniería de Detalle.

En línea verde se observa una tendencia de lo que conceptualmente puede observarse como un promedio instantáneo.

Podemos observar que la tendencia lineal (línea verde) mostraría una sensible disminución en los valores HH/Costo. Sin embargo, dicho análisis inicial no incluye los multiplicadores inflacionarios previamente mencionados, cuyo efecto matemático sería una disminución de los valores de costos y por lo tanto un aumento en la relación HH/Costo.

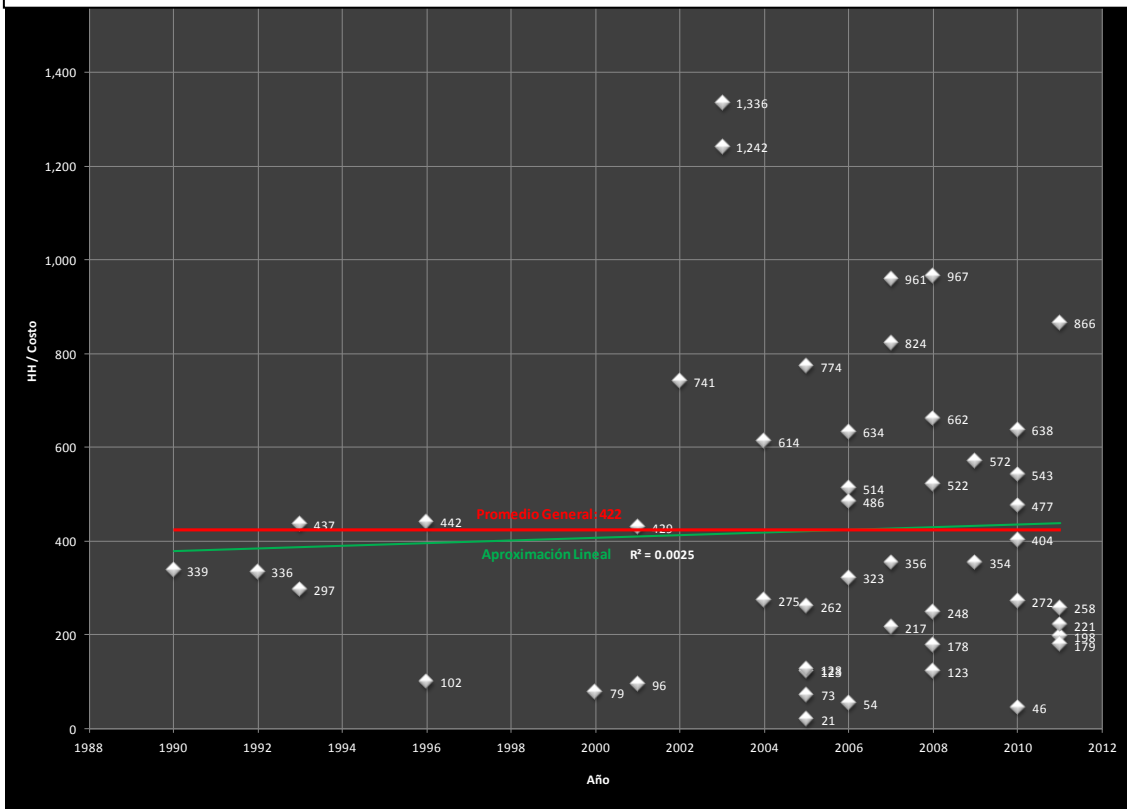
Fig 14 – Relación HH de Ingeniería vs Costo Inst. (Sin ajuste por inflación)



Finalmente, si tenemos en cuenta el ajuste por inflación, ahora considerando el costo estimado actual (ver Figura 15), podemos observar un pequeño incremento en la relación HH/Costo (tendencia lineal, línea verde), puede apreciarse que la misma no es significativa.

Notar que también se observa una disminución del promedio general (de 499 a 422), si comparamos el obtenido en la Fig (14) vs el presentado en la Fig (15). Esto es debido nuevamente a que al considerar los valores ajustados de los proyectos se tienen costos superiores y por lo tanto disminuye el valor HH/Costo.

Fig 15 – Relación HH de Ingeniería vs Costo Inst. (Con ajuste por Inflación)



Es importante realizar una aclaración final respecto del uso de aproximación o tendencia lineal en ambos análisis (Figs 14 & 15): si bien en ambos casos observamos valores relativamente bajos de sendos coeficientes de determinación (R^2), lo que nos indica que la aproximación lineal no es la más precisa, en este trabajo se presentan los resultados utilizando tal aproximación dado que seguimos teniendo un resultado que es representativo de la tendencia general, y por otro lado, la tendencia lineal es visualmente más simple y comparable con el promedio general (líneas rojas).

A continuación, con el fin de reforzar los resultados indicados, se desarrollará un chequeo adicional de campo para verificar si tal patrón es igualmente percibido por el personal de las empresas de Ingeniería.

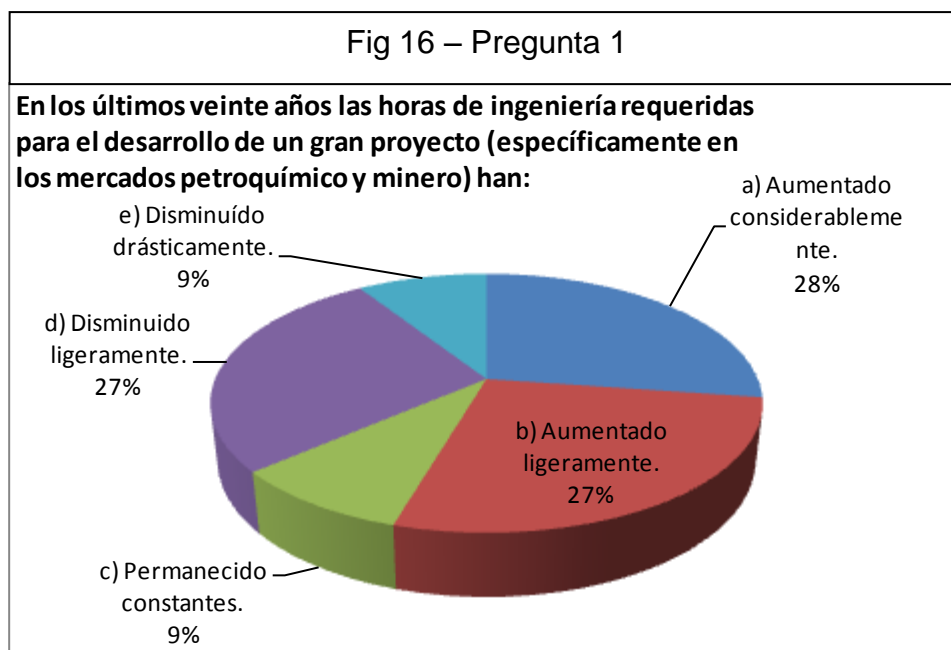
8. Encuesta

En el capítulo anterior hemos presentado y analizado la información disponible considerando un extenso universo de proyectos, a partir del cual se ha observado, desde los datos relevados, que la cantidad de HH de un proyecto de ingeniería para Oíl & Gas y Mining no se ha visto modificado en el tiempo como consecuencia de la introducción de herramientas tecnológicas.

En el presente punto intentaremos complementar esa información con las opiniones provenientes directamente de algunos de los profesionales de mayor prestigio y experiencia de los mercados en análisis.

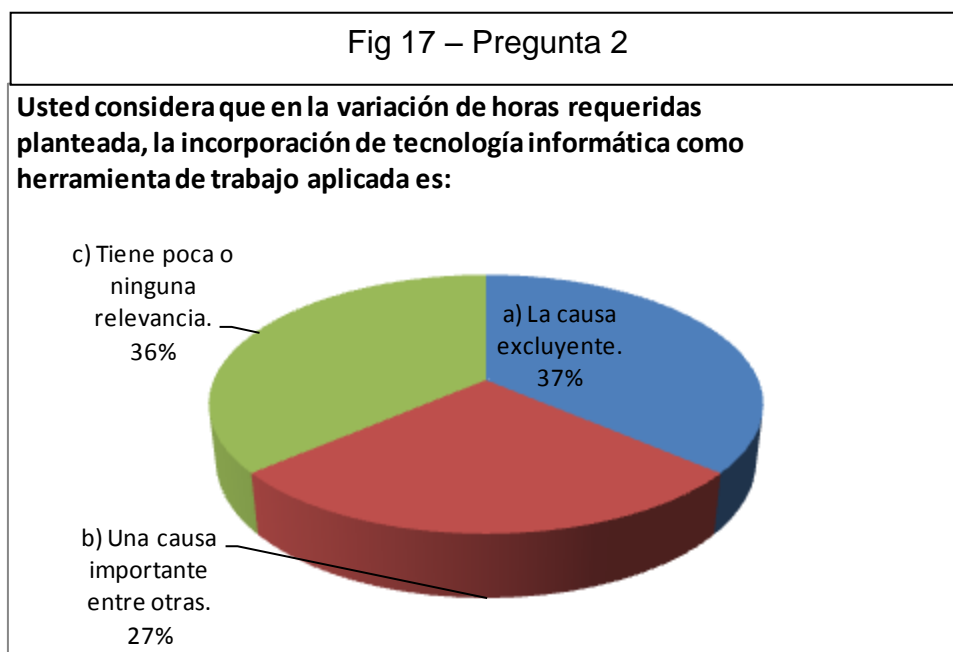
A tal fin efectuamos la encuesta de opinión que se presenta en el Apéndice V. En dicho apéndice también se incluye el detalle de todas las respuestas recibidas (incluyendo empresa y sector de desempeño).

Síntesis de los resultados obtenidos



En la Fig (16) se muestran los porcentajes obtenidos en las respuestas de la primera pregunta de la encuesta mencionada.

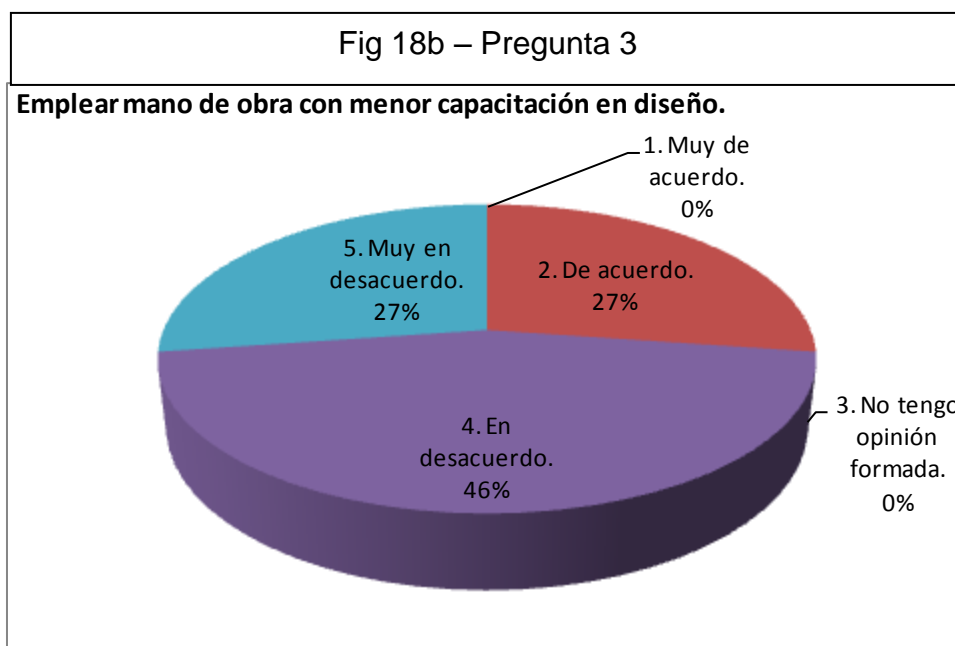
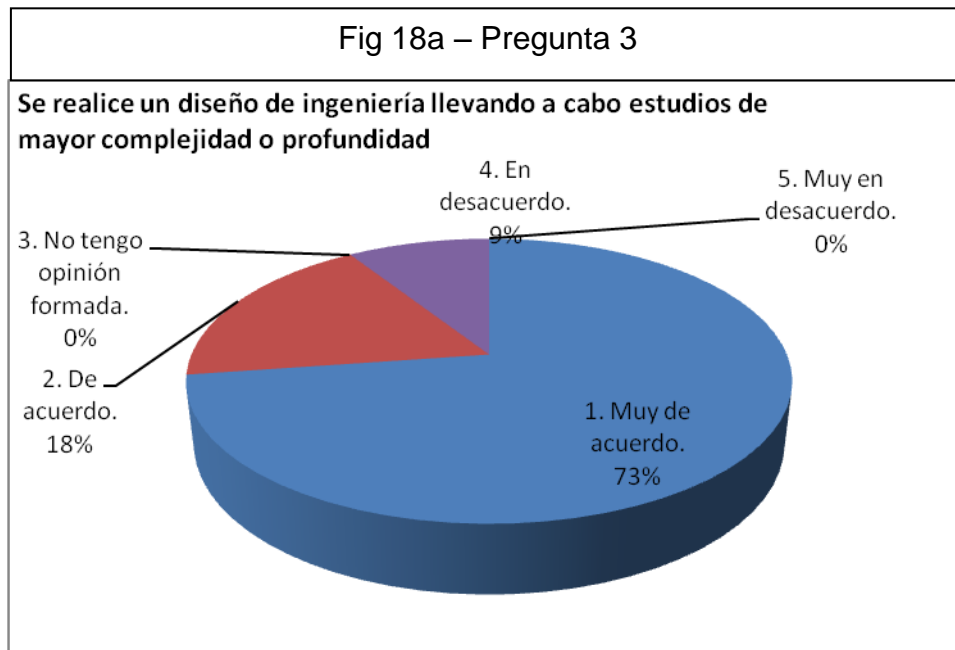
Podemos ver que el 55% de los encuestados opinan que las horas de ingeniería requeridas han sufrido un aumento. En contrapartida, el 36% ha percibido una disminución de las horas. Esto último permite considerar que la opinión generalizada no es unánime respecto a la evolución de HH en proyectos de ingeniería, lo cual, en cierta manera, fue observado en las tendencias presentadas (no se percibió patrón de crecimiento o decrecimiento específico).

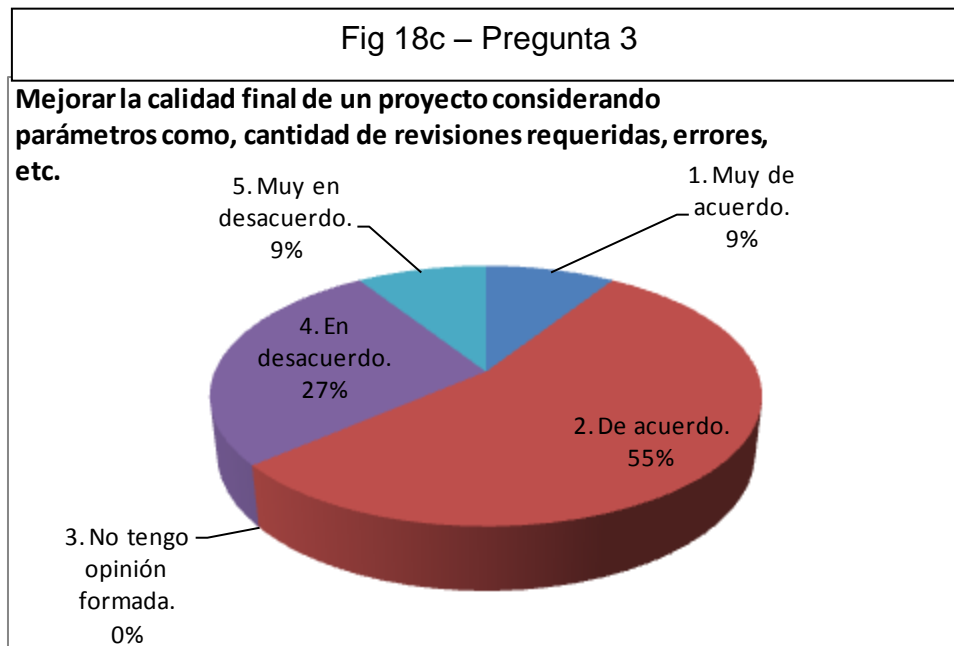


En la Fig (17) se muestran los resultados para la segunda pregunta, según la cual vemos que un 64% de los encuestados le otorgan a la incorporación de tecnología un peso importante en la variación de horas.

En función de dichas respuestas, y con el fin de obtener una opinión relevante respecto al aporte de la tecnología en el desarrollo de los proyectos que nos incumben, se solicitó a los encuestados que respondan respecto a posibles beneficios que pudiera haber entregado el desarrollo tecnológico (siendo que no podemos concluir en forma directa que la tecnología haya asistido en la reducción de la cantidad total de HH del proyecto).

Los resultados obtenidos en tal consulta se reflejan en las Figuras (18a, 18b y 18c) a continuación.





Según estas últimas, podemos ver que los encuestados observan que la incorporación de tecnología ha posibilitado, de manera mayoritaria (73% favorable), realizar trabajos de mayor complejidad o profundidad, sin que esto signifique el empleo de mano de obra menos capacitada.

A la vez, se observa que una mayoría importante considera que la tecnología ha permitido mejorar la calidad final de los proyectos.

9. Conclusiones

Como hemos observado, luego de analizar la muestra refinada de los proyectos de Ingeniería cuya información disponemos (pertenecientes al mercado de Oil & Gas y Minero junto con sus correspondientes sub-mercados), los cuales fueron implementados a lo largo y ancho del globo y de muy distintas magnitudes en cuanto a sus costos de instalación, podemos extraer las siguientes conclusiones que confirman la hipótesis inicial de este trabajo:

- En primer lugar, podemos concluir que existe una relación entre las horas requeridas para desarrollar un proyecto de Ingeniería y el costo instalado del mismo. Esto ocurre aun considerando la influencia de muchísimas variables como, calidad o *'expertise'* de las diferentes Oficinas de Ingeniería, grado de detalle solicitado por los diferentes clientes, ya sea por motivos geográficos, culturales o propios de la naturaleza que encontramos en cada sitio o por causas propias de la política empresarial.
- En segundo lugar, observamos que esa relación, al menos en términos de promedio, no ha sufrido variaciones importantes (considerando el grado de precisión del trabajo, la limitación de la muestra, etc) si bien se observa un ligero incremento en la relación de hh requeridas sobre el costo del proyecto, a lo largo de las últimas dos décadas, constituyendo éstas en particular, el período de mayor evolución tecnológica de las herramientas utilizadas en las grandes oficinas de Ingeniería.
- En tercer lugar, hemos podido verificar, con una comprobación en campo mediante la encuesta planteada, que la percepción del personal de dichas empresas es que la tecnología no necesariamente ha

contribuido a una reducción de HH, sino que, principalmente, a mejorar y/o integrar aspectos adicionales a los proyectos de ingeniería. Esto posibilita generar un producto con mayor grado de estudio, más complejo en la medida que la continua evolución de las herramientas informáticas utilizadas de manera cada vez mas masiva, lo han permitido.

Si bien no es parte del alcance de este estudio, podemos especular acerca de las causas que motivan esta conclusión que así presentada, la cual resulta ser contraria a la esperable (intuitiva) disminución de las horas requeridas para hacer una tarea a medida que supuestamente es simplificada por la incorporación de mejores herramientas, en este caso, informáticas.

La experiencia propia, y las experiencias y comentarios recabados con otros profesionales (con más años de permanencia en el mercado específico analizado), demuestran que con el mayor desarrollo de herramientas, software y hardware, los ingenieros han ido profundizando los estudios que se realizan en cada trabajo. Ver resultados de la pregunta “3a” de la Encuesta de opinión realizada.

Recordemos que la Ingeniería no se trata de una ciencia, y mucho menos exacta, esto es, la incertidumbre convive de manera permanente con nuestro desempeño profesional, y podríamos concluir entonces, que los actores de este mercado han utilizado este nuevo arsenal tecnológico con el objetivo, al menos en alguna medida, de reducir las incertezas técnicas con las que convivimos. Esto en alguna medida podemos observar que es una percepción de los profesionales encuestados, ver respuestas a pregunta “3c” de la Encuesta de opinión realizada.

Apéndice I – Publicidades

Avisos publicitarios de compañías desarrolladoras de software específicos de ingeniería de proyectos (se intenta mostrar con esto que uno de los objetivos del uso de software es disminuir las horas de ingeniería, mediante la incorporación de tecnología).

Se indica particularmente en rojo, los sectores de los avisos particularmente orientados a la reducción de horas.

Consideremos por ejemplo el caso de Autodesk, que es una de las grandes compañías pioneras en el desarrollo de software orientados a los proyectos de ingeniería (entre otras cosas). Es la compañía que desarrolló el Autocad una de los primeros software de dibujo.

“Capacítese en BIM”

En el entorno de negocio actual, una capacitación en BIM diferencia a su empresa de la competencia y le ayuda a conseguir más trabajo. Ante el creciente número de proyectos que requieren BIM, Autodesk le proporciona soluciones inteligentes basadas en modelos avanzados para aumentar la eficiencia durante todo el ciclo de vida del diseño de construcción.”

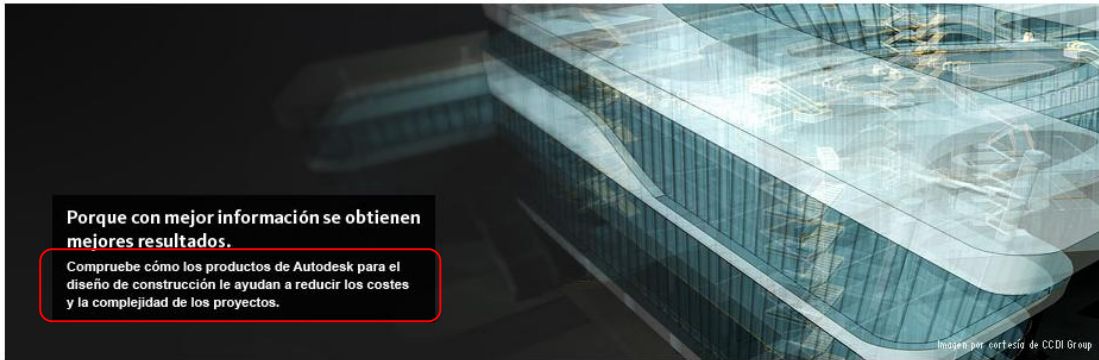
Autodesk Carro (0) | Empresa | Contáctenos | Distribuidores

[Productos](#) | [Modalidades de compra](#) | [Servicios y soporte](#) | [Tienda](#) España | Worldwide Sites

Construcción

- [Recursos](#) | [Prueba de producto gratuita](#) | [Referencias](#)

Compartir



Porque con mejor información se obtienen mejores resultados.

Compruebe cómo los productos de Autodesk para el diseño de construcción le ayudan a reducir los costes y la complejidad de los proyectos.

Capacítense en BIM

En el entorno de negocio actual, una capacitación en BIM diferencia a su empresa de la competencia y le ayuda a conseguir más trabajo. Ante el creciente número de proyectos que requieren BIM, Autodesk le proporciona soluciones inteligentes basadas en modelos avanzados para aumentar la eficiencia durante todo el ciclo de vida del diseño de construcción.

- Infraestructuras
- Plantas de procesamiento
- Busque un distribuidor
- Consultar eventos

Autodesk Cart (0) | Company | Contact Us | Partners

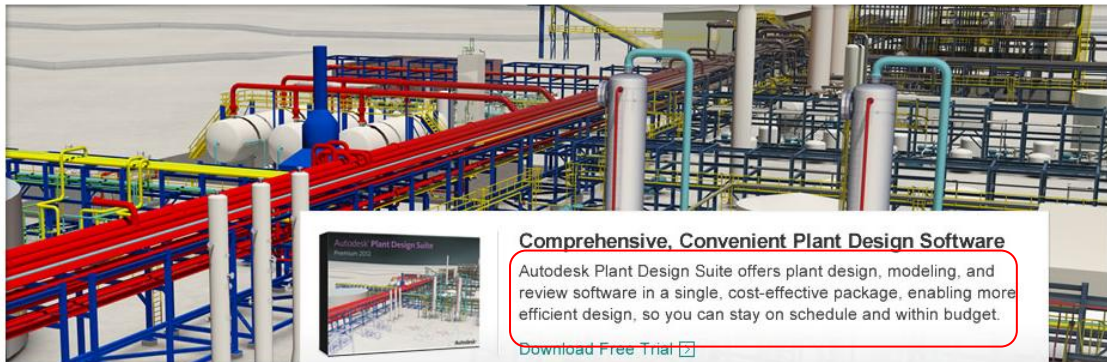
[Products](#) | [Solutions](#) | [Purchase](#) | [Support](#) | [Community](#) | [Store](#) United States | Worldwide Sites

Home > Design & Creation Suites

Autodesk Plant Design Suite

Share

- [Product Trial](#) | [Standard](#) | [Premium](#) | [Ultimate](#) | [Compare](#) | [How to Buy](#)



Comprehensive, Convenient Plant Design Software

Autodesk Plant Design Suite offers plant design, modeling, and review software in a single, cost-effective package, enabling more efficient design, so you can stay on schedule and within budget.

[Download Free Trial](#)

Consideremos también el caso de Bentley:

Bentley fue otra de las compañías pioneras en el desarrollo de softwares de diseño. Inicialmente orientada al diseño 2D, en la actualidad ha extendido su uso a los modelos 3D, también ha desarrollado herramientas para el diseño y cálculo de estructuras, cañerías, etc.



Hello [Login] | United States [Change] | Contact | Partners | SELECTservices

SOLUTIONS

PRODUCTS

SUBSCRIPTIONS

TRAINING & LEARNING

SUPPORT & SERVICES

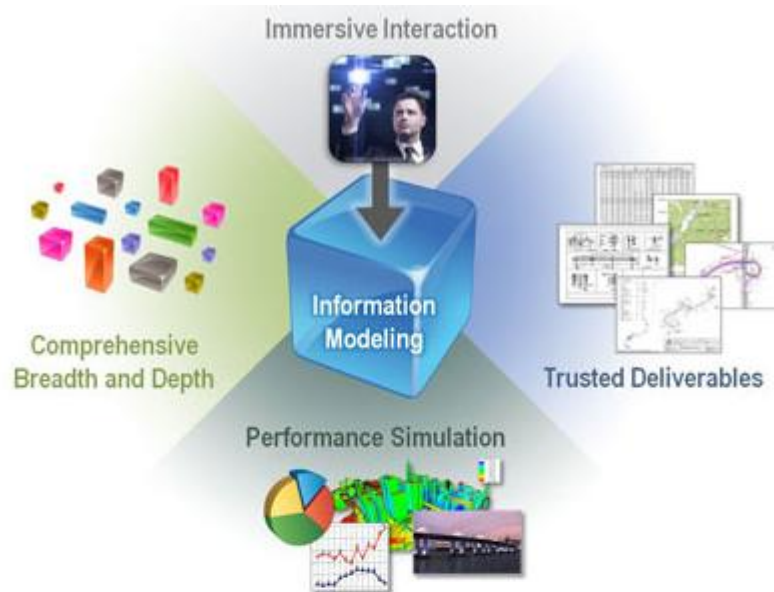
CORPORATE

COMMUNITIES

MicroStation: Information Modeling Environment

Featured Products

Resources

[eSeminars](#)
[Communities](#)
[Courses](#)


Why Use MicroStation?

The majority of projects today are designed and documented using computer-aided design (CAD) software. But with shrinking budgets, compressed delivery schedules, and ever-increasing scales and complexity, designers expect more from their design software. MicroStation meets the needs of infrastructure teams across every discipline throughout design, construction, and operations. Ask yourself:

- Can your project team make the best design, construction, and operational decisions without ready access to all of the applicable information available?
- How much time and money does your project team lose due to errors and changes that result from a lack of confidence in project documentation?
- Could your project team design and build better infrastructure if it were able to accurately predict the infrastructure's real-world performance in advance?
- How much time and money does inadequate interoperability cost your project team as a result of manual re-entry of data, data loss, and error-prone translations?



Hello [Login] | United States [Change] | Contact | Partners | SELECTservices

SOLUTIONS

PRODUCTS

SUBSCRIPTIONS

TRAINING & LEARNING

SUPPORT & SERVICES

CORPORATE

COMMUNITIES

Mining and Metals

Featured Products



Increased Efficiency for Mines and Metals Processing Plant Capital Projects

The challenge: In recent years, the mining and metals industry has seen unprecedented demand for raw materials used in construction, driven by a surge in demand and resulting high commodity prices. The industry's short-term priority is to rapidly build capacity to bring raw materials to market and take advantage of these high prices.

The solution: The Bentley mining and metals solution offers both short-term and long-term benefits to help increase the efficiency of capital projects associated with the design, procurement, and construction of mines and processing plants. Key to both areas of benefits is central, consistent, and available engineering data and the most comprehensive set of design and analysis tools.

The Bentley mining and metals solution addresses the areas of mining/transportation and ore processing/refining.

Bentley is already a major supplier to the EPC companies involved in all areas of mining infrastructure development. Of the top 20 mining companies (measured by market capitalization), 10 are currently Bentley customers and all of the top 5 are Bentley users.

[Read more about the Bentley mining and metals solution](#)

Advantages

Shorter project timeline and earlier plant startup

Lower cost of materials and faster material delivery

Lower operation and maintenance cost

Better utilization of key resources

Improve safety and lower risks

[Contact Us](#)
[Case Studies](#)

Resources

[Learn More About This Solution Through Our Collection of Resources](#)

[Connect and Share with Other Industry Professionals in This Solution Community](#)

Solution Focuses

[Mining and Transportation](#)

[Ore Processing and Refining](#)

Related Information

Discover New
Subscription
Value

[Learn More](#)

[Be Connected seminars for the mining and metals solution.](#)

Online Seminar Series

[BROWSE SEMINARS](#)



Hello [Login] | United States [Change] | Contact | Partners | SELECTservices

- SOLUTIONS
- PRODUCTS
- SUBSCRIPTIONS
- TRAINING & LEARNING
- SUPPORT & SERVICES
- CORPORATE
- COMMUNITIES

Power Generation

Featured Products



- Contact Us
- Case Studies

Resources

[Learn More About This Solution Through Our Collection of Resources](#)

[Connect and Share with Other Industry Professionals in This Solution Community](#)

Solution Focuses

- [Nuclear Power](#)
- [Renewable Energy](#)
- [Fossil Fuel Power](#)

Related Information

Discover New Subscription Value

Learn More

[Be Connected Seminars for the Power Generation Solution](#)

Online Seminar Series

BROWSE SEMINARS

News Coverage:

Re-use of Design Data for the Safe Operation of the Plant

The challenge: The Energy Information Administration projects strong growth for worldwide energy demand—a 57 percent increase over 26 years. But governments are establishing limits on the emission of carbon dioxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, particulate matter and mercury and so power companies are looking for ways to bring new alternative power processing plants onto the grid more quickly.

The solution: The Bentley power generation solution leverages investments made in capital projects and facilitates re-use of this engineering data for the safe operation of the plant and its assets.

The Bentley power generation solution provides a comprehensive solution for conceptual design, detail design, operation and maintenance with data-exchange connectors based on ISO15926 data models that facilitate interoperability with many forms of legacy data.

Testimonial

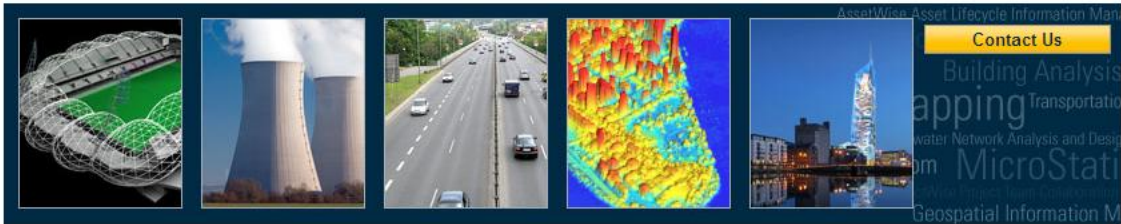
"Implementation brought standardization, repeatability and audit-ability. Engineering process audit ratings achieved are exceptional. We could consolidate many disparate systems lowering our IT maintenance and support costs. Engineering information is now in one repository, providing major savings in productivity of engineering staff. Unprecedented visibility of engineering information to facilitate decision making. Improved engineering activity management, better governance and more effective knowledge management."

-Riekie Swanepoel, Engineer, Eskom South Africa













Advantages

- Management of information assets
- Improve project delivery process
- Change/configuration management
- Reduce waste and overhead
- Better informed decisions
- Class I pipe stress analysis
- Nuclear QA and reporting
- Compress the overall cycle time

Bentley Products



Browse Bentley Products by Product Name

 <p><u>MicroStation Platform Technology and Products</u> The world's leading information modeling environment explicitly for the architecture, engineering, construction, and operation of all infrastructure types.</p>	 <p><u>ProjectWise Project Team Collaboration</u> ProjectWise is a project team collaboration software platform for the design and construction of capital projects.</p>	 <p><u>AssetWise Operations Management</u> AssetWise is an operations information modeling software platform for delivering lifecycle information management to operators of infrastructure assets.</p>
 <p><u>Bridge Design and Engineering Software</u></p>	 <p><u>Building Analysis and Design Software</u></p>	 <p><u>Civil Construction Software</u></p>
 <p><u>Communications Network Design Software</u></p>	 <p><u>Electric and Gas Utility Network Analysis and Design Software</u></p>	 <p><u>Facility Information Management Software</u></p>
 <p><u>Imaging and Point Cloud Software</u></p>	 <p><u>Land Development Software</u></p>	 <p><u>GIS and Mapping Software</u></p>
 <p><u>Nuclear Operations Software</u></p>	 <p><u>Plant Conceptual Design Software</u></p>	 <p><u>Plant Design and Engineering Software</u></p>
 <p><u>Plant Operations Software</u></p>	 <p><u>Rail Design and Operations Software</u></p>	 <p><u>Road Design Software</u></p>

Apéndice II – Multiplicadores Inflacionarios utilizados

Valores de la inflación en U.S.A, fuente US Inflation Calculator

Table of Historical Inflation Rates by Month and Year (1914-2012)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ave
1990	5.20	5.30	5.20	4.70	4.40	4.70	4.80	5.60	6.20	6.30	6.30	6.10	5.40
1991	5.70	5.30	4.90	4.90	5.00	4.70	4.40	3.80	3.40	2.90	3.00	3.10	4.20
1992	2.60	2.80	3.20	3.20	3.00	3.10	3.20	3.10	3.00	3.20	3.00	2.90	3.00
1993	3.30	3.20	3.10	3.20	3.20	3.00	2.80	2.80	2.70	2.80	2.70	2.70	3.00
1994	2.50	2.50	2.50	2.40	2.30	2.50	2.80	2.90	3.00	2.60	2.70	2.70	2.60
1995	2.80	2.90	2.90	3.10	3.20	3.00	2.80	2.60	2.50	2.80	2.60	2.50	2.80
1996	2.70	2.70	2.80	2.90	2.90	2.80	3.00	2.90	3.00	3.00	3.30	3.30	3.00
1997	3.00	3.00	2.80	2.50	2.20	2.30	2.20	2.20	2.20	2.10	1.80	1.70	2.30
1998	1.60	1.40	1.40	1.40	1.70	1.70	1.70	1.60	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60
1999	1.70	1.60	1.70	2.30	2.10	2.00	2.10	2.30	2.60	2.60	2.60	2.70	2.20
2000	2.70	3.20	3.80	3.10	3.20	3.70	3.70	3.40	3.50	3.40	3.40	3.40	3.40
2001	3.70	3.50	2.90	3.30	3.60	3.20	2.70	2.70	2.60	2.10	1.90	1.60	2.80
2002	1.10	1.10	1.50	1.60	1.20	1.10	1.50	1.80	1.50	2.00	2.20	2.40	1.60
2003	2.60	3.00	3.00	2.20	2.10	2.10	2.10	2.20	2.30	2.00	1.80	1.90	2.30
2004	1.90	1.70	1.70	2.30	3.10	3.30	3.00	2.70	2.50	3.20	3.50	3.30	2.70
2005	3.00	3.00	3.10	3.50	2.80	2.50	3.20	3.60	4.70	4.30	3.50	3.40	3.40
2006	4.00	3.60	3.40	3.50	4.20	4.30	4.10	3.80	2.10	1.30	2.00	2.50	3.20
2007	2.10	2.40	2.80	2.60	2.70	2.70	2.40	2.00	2.80	3.50	4.30	4.10	2.80
2008	4.30	4.00	4.00	3.90	4.20	5.00	5.60	5.40	4.90	3.70	1.10	0.10	3.80
2009	0.00	0.20	-0.40	-0.70	-1.30	-1.40	-2.10	-1.50	-1.30	-0.20	1.80	2.70	-0.40
2010	2.60	2.10	2.30	2.20	2.00	1.10	1.20	1.10	1.10	1.20	1.10	1.50	1.60
2011	1.60	2.10	2.70	3.20	3.60	3.60	3.60	3.80	3.90	3.50	3.40	3.00	3.20

Valores de los multiplicadores calculados para la actualización de los Costos Instalados de Proyectos:

	1.81	1.72	1.65	1.60	1.56	1.52	1.48	1.43	1.40	1.38	1.35	1.30	1.27	1.25	1.22	1.19	1.15	1.11	1.08	1.04	1.05	1.03	
i	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
0.05	1.05	1.05																					
0.04	1.04	1.04	1.04																				
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03																			
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03																		
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03																	
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03																
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03															
0.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02														
0.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02													
0.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02												
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03											
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03										
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03									
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03								
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03							
0.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
0.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03

Apéndice III – Información de Proyectos - Completa

Proyecto	Mercado	Subcategoría	País	Año inicio	Costo Instalado	Multiplicador	Costo Instalado Act	HH Ing	Observaciones	HH / Costo Act	
					[M usd]		[M usd]			[hs]	[hs/Musd]
1	Proy1	Oil & Gas	Upstream	USA	1974	382	N/A	N/A	234,800	Factibilidad	N/A
2	Proy2	Oil & Gas	Chemicals	Mexico	1975	122	N/A	N/A	422,000	Factibilidad	N/A
3	Proy3	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	1980	1,900	N/A	N/A	10,700	Gerenc Contrato	N/A
4	Proy4	Oil & Gas			1981	380	N/A	N/A	710,000	Factibilidad	N/A
5	Proy5	Oil & Gas	Upstream	USA	1990	382	1.81	693	234,800	Ing Detalle	339
6	Proy6	Oil & Gas	Chemicals	China	1990	55	1.81	100	80,000	Factibilidad	802
7	Proy7	Oil & Gas	Chemicals	Qatar	1990	442	1.81	802	789,000	Factibilidad	984
8	Proy8	Oil & Gas	Upstream		1991	300	1.72	516	561,225	Factibilidad	1,087
9	Proy9	Oil & Gas	Upstream		1992	220	1.65	363	122,000	Ing Detalle	336
10	Proy10	Oil & Gas	Upstream		1993	63	1.60	101	30,000	Ing Detalle	297
11	Proy11	Oil & Gas	Upstream	USA	1993	150	1.60	241	105,000	Ing Detalle	437
12	Proy12	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	1993	434	1.60	696	575,000	Factibilidad	826
13	Proy13	Oil & Gas	Chemicals	Korea	1995	206	1.52	312	25,500	Básica y Gerenc Det	82
14	Proy14	Oil & Gas	Chemicals	USA	1996	150	1.48	221	391,000	Factibilidad	1,766
15	Proy15	Oil & Gas	Chemicals	Canadá	1996	668	1.48	986	1,125,000	Factibilidad	1,141
16	Proy16	Oil & Gas	Chemicals	Canadá	1996	247	1.48	365	388,000	Factibilidad	1,064
17	Proy17	Oil & Gas	Upstream	Malasya	1996	1,000	1.48	1,476	150,000	Ing Detalle	102
18	Proy18	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	1996	650	1.48	960	424,000	Ing Detalle	442
19	Proy19	Oil & Gas	Chemicals	Holanda	1996	20	1.48	30	65,000	Factibilidad	2,202
20	Proy20	Oil & Gas	Upstream	Holanda	1997	83	1.43	118	204,000	Factibilidad	1,725
21	Proy21	Oil & Gas	Upstream	Australia	1997	1,700	1.43	2,436	21,000	Factibilidad	9
22	Proy22	Oil & Gas	Upstream	Trin & Tobago	1997	6	1.43	8	20,000	Factibilidad	2,537
23	Proy23	Oil & Gas	Chemicals	USA	1997	25	1.43	36	40,000	Factibilidad	1,116
24	Proy24	Oil & Gas	Chemicals	Holanda	1998	11	1.40	15	25,000	Factibilidad	1,622
25	Proy25	Oil & Gas	Chemicals	Holanda	1999	9	1.38	13	26,300	Factibilidad	2,051
26	Proy26	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	2000	300	1.35	405	32,000	Ing Detalle	79
27	Proy27	Oil & Gas			2000	147	1.35	198	295,000	Factibilidad	1,487
28	Proy28	Oil & Gas	Upstream	Indonesia	2000	1,282	1.35	1,730	150,000	Básica	87
29	Proy29	Oil & Gas	Chemicals	USA	2001	15	1.30	20	21,900	Factibilidad	1,119
30	Proy30	Oil & Gas	Upstream	USA	2001	80	1.30	104	1,200	Básica	11
31	Proy31	Oil & Gas			2001	88	1.30	115	213,364	Factibilidad	1,858
32	Proy32	Oil & Gas	Upstream	Ecuador	2001	200	1.30	261	25,000	Ing Detalle	96
33	Proy33	Oil & Gas	Chemicals	South Africa	2001	25	1.30	33	14,000	Ing Detalle	429
34	Proy34	Oil & Gas	Chemicals	Holanda	2001	17	1.30	22	40,000	Factibilidad	1,858
35	Proy35	Oil & Gas	Chemicals	Mexico	2001	53	1.30	69	150,000	Factibilidad	2,169
36	Proy36	Oil & Gas	Upstream	USA	2002	50	1.27	63	47,000	Ing Detalle	741
37	Proy37	Oil & Gas	Upstream	USA	2003	20	1.25	25	200	Básica	8
38	Proy38	Oil & Gas			2003	118	1.25	147	197,000	Ing Detalle	1,336
39	Proy39	Oil & Gas	Upstream	USA	2003	1,200	1.25	1,499	119,000	Suspendido	79
40	Proy40	Oil & Gas	Upstream	Bahamas	2004	400	1.22	488	700	Conceptual	1
41	Proy41	Oil & Gas			2004	60	1.22	73	45,000	Ing Detalle	614
42	Proy42	Oil & Gas	Downstream	Saudi Arabia	2004	600	1.22	733	201,600	Ing Detalle	275
43	Proy43	Oil & Gas	Upstream	USA	2005	1,120	1.19	1,332	97,000	Ing Detalle	73
44	Proy44	Oil & Gas	Upstream	Russia	2005	500	1.19	595	460,000	Ing Detalle	774
45	Proy45	Oil & Gas	Upstream	España	2005	35	1.19	42	46,200	Básica y Compras	1,106
46	Proy46	Oil & Gas	Upstream	Bahamas	2005	300	1.19	357	93,600	Ing Detalle	262
47	Proy47	Oil & Gas			2005	100	1.19	119	14,600	Ing Detalle	123
48	Proy48	Oil & Gas	Upstream	España	2005	24	1.19	29	24,200	Básica y Compras	841
49	Proy49	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2005	7,240	1.19	8,609	17,000	Factibilidad	2
50	Proy50	Oil & Gas	Chemicals	Belgica	2005	250	1.19	297	38,000	Ing Detalle	128
51	Proy51	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2006	43	1.15	49	53,000	Factibilidad	1,072
52	Proy52	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2006	73	1.15	84	53,200	Ing Detalle	634
53	Proy53	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2006	3,500	1.15	4,025	500,000	Canc elado	124
54	Proy54	Oil & Gas	Upstream	China	2006	830	1.15	955	4,000	Factibilidad	4
55	Proy55	Oil & Gas			2006	12,000	1.15	13,800	745,000	Ing Detalle	54
56	Proy56	Oil & Gas	Upstream	España	2006	124	1.15	143	46,000	Ing Detalle	323
57	Proy57	Oil & Gas	Chemicals	Kuwait	2006	220	1.15	253	130,000	Ing Detalle	514
58	Proy58	Oil & Gas	Downstream	Kuwait	2006	60	1.15	69	33,500	Ing Detalle	486
59	Proy59	Oil & Gas	Upstream	Indonesia	2006	500	1.15	575	5,000	Prefactibilidad	9
60	Proy60	Oil & Gas	Upstream	Russia	2007	1,572	1.11	1,752	1,443,000	Ing Detalle	824

Proyecto	Mercado	Subcategoría	País	Año iniciado	Costo Instalado	Multiplicador	Costo Instalado Act	HH Ing	Observaciones	HH / Costo Act	
					[M usd]						
								[hs]			
61	Proy61	Oil & Gas	Upstream	Trin & Tobago	2007	1	1.11	1	9,000	Factibilidad	6,730
62	Proy62	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2007	450	1.11	501	482,000	Ing Detalle	961
63	Proy63	Oil & Gas	Upstream	España	2007	1	1.11	1	5,000	Compras parciales	7,872
64	Proy64	Oil & Gas	Upstream	Rusia	2007	2,000	1.11	2,229	47,000	Básica	21
65	Proy65	Oil & Gas	Chemicals	Oman	2007	992	1.11	1,105	240,000	Ing Detalle	217
66	Proy66	Oil & Gas	Chemicals	USA	2008	180	1.08	195	48,400	Ing Detalle	248
67	Proy67	Oil & Gas	Upstream	Argentina	2008	34	1.08	37	24,400	Ing Detalle	662
68	Proy68	Oil & Gas	Upstream	Rusia	2008	1,088	1.08	1,179	1,140,000	Ing Detalle	967
69	Proy69	Oil & Gas	Upstream	España	2008	15	1.08	16	2,000	Ing Detalle	123
70	Proy70	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2008	9	1.08	10	49,000	Consultoria	5,023
71	Proy71	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2009	60	1.04	63	22,200	Ing Detalle	354
72	Proy72	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2009	1	1.04	1	5,900	Básica	8,036
73	Proy73	Oil & Gas	Upstream	Singapore	2009	670	1.04	700	400,000	Ing Detalle	572
74	Proy74	Oil & Gas	Upstream	China	2009	800	1.04	835	14,000	Factibilidad	17
75	Proy75	Oil & Gas	Upstream	Irak	2010	3,000	1.05	3,146	33,000	Factibilidad	10
76	Proy76	Oil & Gas	Upstream	Qatar	2010	689	1.05	722	392,000	Ing Detalle	543
77	Proy77	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2010	449	1.05	471	300,400	Ing Detalle	638
78	Proy78	Oil & Gas			2010	260	1.05	273	110,000	Ing Detalle	404
79	Proy79	Oil & Gas	Downstream	Rusia	2010	800	1.05	839	12,386	Factibilidad	15
80	Proy80	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2010	451	1.05	472	3,400	Factibilidad	7
81	Proy81	Oil & Gas	Upstream	Italia	2010	473	1.05	496	4,464	Gestión permisos	9
82	Proy82	Oil & Gas	Upstream	Australia	2010	3,000	1.05	3,146	145,000	Ing Detalle	46
83	Proy83	Oil & Gas	Upstream	Argentina	2011	5	1.03	5	5,180	Ing Detalle	1,004
84	Proy84	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2011	300	1.03	310	80,000	Ing Detalle	258
85	Proy85	Oil & Gas	Upstream	Australia	2011	2	1.03	2	564	Ing Detalle	273
86	Proy86	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2011	613	1.03	633	125,000	Ing Detalle	198
87	Proy87	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2011	1	1.03	1	163	Factibilidad	132
88	Proy88	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2011	412	1.03	425	94,100	Ing Detalle	221
89	Proy89	Mining	Gold	Argentina	2003	107	1.25	134	166,000	Ing Detalle	1,242
90	Proy90	Mining	Gold	Mongolia	2005	6,000	1.19	7,135	153,000	Ing Detalle	21
91	Proy91	Mining	Gold	Argentina	2007	3,000	1.11	3,343	1,188,726	Ing Detalle	356
92	Proy92	Mining	Cooper	Chile	2007	340	1.11	379	16,440	Básica	43
93	Proy93	Mining	Potash	Argentina	2008	2,500	1.08	2,710	482,000	Ing Detalle	178
94	Proy94	Mining	Gold	Argentina	2008	44	1.08	48	25,000	Ing Detalle	522
95	Proy95	Mining	Cooper	Fiji	2009	2,200	1.04	2,297	19,000	Prefactibilidad	8
96	Proy96	Mining	Potash	Argentina	2010	900	1.05	944	450,000	Ing Detalle	477
97	Proy97	Mining	Aluminium	Saudi Arabia	2010	2,099	1.05	2,201	1,802	Básica	1
98	Proy98	Mining	Cooper	Chile	2010	526	1.05	552	150,000	Ing Detalle	272
99	Proy99	Mining	Molibdeno	Chile	2011	1,927	1.03	1,989	356,630	Ing Detalle	179
100	Proy100	Mining	Cooper	Chile	2011	207	1.03	214	185,000	Ing Detalle	866
101	Proy101	Mining	Cooper	Chile	2011	5,000	1.03	5,160	97,000	Básica	19

Nota:

En amarillo se indican Proyectos a eliminar en proceso de refinado posterior.

Apéndice IV – Información de Proyectos - Significativos

Proyecto	Mercado	Subcategoría	País	Año iniciado	Costo Instalado	Multiplicador	Costo Instalado Act	HH Ing	Observaciones	HH / Costo Act	
					[M usd]		[M usd]	[hs]		[hs/Musd]	
5	Proy5	Oil & Gas	Upstream	USA	1990	382	1.81	693	234,800	Ing Detalle	339
9	Proy9	Oil & Gas	Upstream		1992	220	1.65	363	122,000	Ing Detalle	336
10	Proy10	Oil & Gas	Upstream		1993	63	1.60	101	30,000	Ing Detalle	297
11	Proy11	Oil & Gas	Upstream	USA	1993	150	1.60	241	105,000	Ing Detalle	437
17	Proy17	Oil & Gas	Upstream	Malasya	1996	1,000	1.48	1,476	150,000	Ing Detalle	102
18	Proy18	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	1996	650	1.48	960	424,000	Ing Detalle	442
26	Proy26	Oil & Gas	Chemicals	Saudi Arabia	2000	300	1.35	405	32,000	Ing Detalle	79
32	Proy32	Oil & Gas	Upstream	Ecuador	2001	200	1.30	261	25,000	Ing Detalle	96
33	Proy33	Oil & Gas	Chemicals	South Africa	2001	25	1.30	33	14,000	Ing Detalle	429
36	Proy36	Oil & Gas	Upstream	USA	2002	50	1.27	63	47,000	Ing Detalle	741
38	Proy38	Oil & Gas			2003	118	1.25	147	197,000	Ing Detalle	1,336
41	Proy41	Oil & Gas			2004	60	1.22	73	45,000	Ing Detalle	614
42	Proy42	Oil & Gas	Downstream	Saudi Arabia	2004	600	1.22	733	201,600	Ing Detalle	275
43	Proy43	Oil & Gas	Upstream	USA	2005	1,120	1.19	1,332	97,000	Ing Detalle	73
44	Proy44	Oil & Gas	Upstream	Russia	2005	500	1.19	595	460,000	Ing Detalle	774
46	Proy46	Oil & Gas	Upstream	Bahamas	2005	300	1.19	357	93,600	Ing Detalle	262
47	Proy47	Oil & Gas			2005	100	1.19	119	14,600	Ing Detalle	123
50	Proy50	Oil & Gas	Chemicals	Belgica	2005	250	1.19	297	38,000	Ing Detalle	128
52	Proy52	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2006	73	1.15	84	53,200	Ing Detalle	634
55	Proy55	Oil & Gas			2006	12,000	1.15	13,800	745,000	Ing Detalle	54
56	Proy56	Oil & Gas	Upstream	España	2006	124	1.15	143	46,000	Ing Detalle	323
57	Proy57	Oil & Gas	Chemicals	Kuwait	2006	220	1.15	253	130,000	Ing Detalle	514
58	Proy58	Oil & Gas	Downstream	Kuwait	2006	60	1.15	69	33,500	Ing Detalle	486
60	Proy60	Oil & Gas	Upstream	Russia	2007	1,572	1.11	1,752	1,443,000	Ing Detalle	824
62	Proy62	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2007	450	1.11	501	482,000	Ing Detalle	961
65	Proy65	Oil & Gas	Chemicals	Oman	2007	992	1.11	1,105	240,000	Ing Detalle	217
66	Proy66	Oil & Gas	Chemicals	USA	2008	180	1.08	195	48,400	Ing Detalle	248
67	Proy67	Oil & Gas	Upstream	Argentina	2008	34	1.08	37	24,400	Ing Detalle	662
68	Proy68	Oil & Gas	Upstream	Russia	2008	1,088	1.08	1,179	1,140,000	Ing Detalle	967
69	Proy69	Oil & Gas	Upstream	España	2008	15	1.08	16	2,000	Ing Detalle	123
71	Proy71	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2009	60	1.04	63	22,200	Ing Detalle	354
73	Proy73	Oil & Gas	Upstream	Singapore	2009	670	1.04	700	400,000	Ing Detalle	572
76	Proy76	Oil & Gas	Upstream	Qatar	2010	689	1.05	722	392,000	Ing Detalle	543
77	Proy77	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2010	449	1.05	471	300,400	Ing Detalle	638
78	Proy78	Oil & Gas			2010	260	1.05	273	110,000	Ing Detalle	404
82	Proy82	Oil & Gas	Upstream	Australia	2010	3,000	1.05	3,146	145,000	Ing Detalle	46
84	Proy84	Oil & Gas	Upstream	Canadá	2011	300	1.03	310	80,000	Ing Detalle	258
86	Proy86	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2011	613	1.03	633	125,000	Ing Detalle	198
88	Proy88	Oil & Gas	Downstream	Canadá	2011	412	1.03	425	94,100	Ing Detalle	221
89	Proy89	Mining	Gold	Argentina	2003	107	1.25	134	166,000	Ing Detalle	1,242
90	Proy90	Mining	Gold	Mongolia	2005	6,000	1.19	7,135	153,000	Ing Detalle	21
91	Proy91	Mining	Gold	Argentina	2007	3,000	1.11	3,343	1,188,726	Ing Detalle	356
93	Proy93	Mining	Potash	Argentina	2008	2,500	1.08	2,710	482,000	Ing Detalle	178
94	Proy94	Mining	Gold	Argentina	2008	44	1.08	48	25,000	Ing Detalle	522
96	Proy96	Mining	Potash	Argentina	2010	900	1.05	944	450,000	Ing Detalle	477
98	Proy98	Mining	Cooper	Chile	2010	526	1.05	552	150,000	Ing Detalle	272
99	Proy99	Mining	Molibdeno	Chile	2011	1,927	1.03	1,989	356,630	Ing Detalle	179
100	Proy100	Mining	Cooper	Chile	2011	207	1.03	214	185,000	Ing Detalle	866

Apéndice V – Encuesta de opinión

Considerando su experiencia en Proyectos de Ingeniería en los últimos veinte años agradeceré pueda responder a las siguientes consultas:

1.- En los últimos veinte años las horas de ingeniería requeridas para el desarrollo de un gran proyecto (específicamente en los mercados petroquímico y minero) han:

- a) Aumentado considerablemente.
- b) Aumentado ligeramente.
- c) Permanecido constantes.
- d) Disminuido ligeramente.
- e) Disminuído drásticamente.

Respuesta:

Cual consideraría usted que es el porcentaje en el que se han modificado? Indique %:

2.-Considerando su respuesta en el punto anterior, usted considera que en la variación de horas requeridas planteada, la incorporación de tecnología informática como herramienta de trabajo aplicada (software de diseño, modelos 3D, etc) es:

- a) La causa excluyente (por permitir la coordinación en tiempo real, reutilización de documentos, etc).
- b) Una causa importante entre otras.
- c) Tiene poca o ninguna relevancia en la variación percibida.

Respuesta:

3.- Opciones múltiples:

Para las siguientes oraciones se solicita indicar un puntaje considerando los siguientes valores:

- 1. Muy de acuerdo.
- 2. De acuerdo.
- 3. No tengo opinión formada.
- 4. En desacuerdo.
- 5. Muy en desacuerdo.

La implementación de herramientas informáticas en los últimos veinte años posibilitó que:

Se realice un diseño de ingeniería llevando a cabo estudios de mayor complejidad o profundidad así como nuevos requerimientos legales (incluyendo análisis de impacto medioambiental).

Respuesta:

Emplear mano de obra con menor capacitación en diseño.

Respuesta:

Mejorar la calidad final de un proyecto considerando parámetros como, cantidad de revisiones requeridas, errores, etc.

Respuesta:

Detalle de las respuestas recibidas a la Encuesta de opinión:

#	Empresa	Descripción	Respuestas					
			1	%	2	3a	3b	3c
1	Vale	Gerencia Ingeniería	c	0	c	1	2	2
2	Techint	Gerencia Ingeniería	a	20	c	1	5	2
3	Fluor	Dirección Proyectos	a	50	a	1	5	5
4	Fluor	Gerencia Ingeniería	b	7.5	b	1	4	2
5	Andrade Gutierrez	Gerencia Ingeniería	a	30	a	1	4	2
6	Skanska	Gerencia Ingeniería	b	15	b	2	2	2
7	YPF	Gerencia Ingeniería	d	-10	a	2	2	4
8	Techint	Gerencia Ingeniería	d	-5	c	1	4	2
9	YPF	Gerencia de Programación y Logística	e	-50	a	1	4	1
10	Anglo American	Gerencia de Proyectos	b	20	b	4	4	4
11	Fluor	Dirección Proyectos	d	-10	c	1	5	4

Apéndice VI – Bibliografía

- Esterkin J.D.(2007). *La administración de Proyectos en un ámbito competitivo*. Buenos Aires: Thompson Learning.

- Apéndice I – Publicidades:

Autodesk: <http://usa.autodesk.com/>

<http://www.autodesk.es/adsk/servlet/pc/index?siteID=455755&id=17106565>

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=14960879&siteID=123112>

Bentley: <http://www.bentley.com/en-US/>

<http://www.bentley.com/en-US/Products/microstation+product+line/>

<http://www.bentley.com/en-US/Solutions/Mining+and+Metals/>

<http://www.bentley.com/en-US/Solutions/Power+Generation/>

<http://www.bentley.com/en-US/Products/>

- Apéndice II – Valores de inflación en USA:

<http://www.usinflationcalculator.com/inflation/historical-inflation-rates/>